

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КЕРАМИК, НА ОСНОВЕ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

Р.Г. Калинин, С.А. Степанов

Научный руководитель: к. ф.-м. н. Д.Т. Валиев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: kalininrostislav@gmail.com

Для развития элементной базы фотоники требуется разработка оптических материалов нового поколения. Поэтому создание новых и уникальных с точки зрения практического применения материалов и разработка технологий их синтеза являются стратегической задачей, обеспечивающей прогресс в оптическом приборостроении и материаловедении. Разработка таких материалов должна основываться на новых принципах и подходах, среди которых эффективными являются применение наноструктурированных материалов и технологий их изготовления [1]. В качестве таких материалов на сегодняшний день активно используется поликристаллическая керамика [2]. Алюмомагниева шпинель ( $MgAl_2O_4$ ) находит широкое применение в оптической технике, в качестве линз, преобразователей излучения [3].

В работе поликристаллическая керамика на основе  $MgAl_2O_4$  была получена методом электроимпульсного плазменного спекания на установке SPS-515S (Syntex Inc., Япония). Данный метод является наиболее перспективным [3-5]. Невысокая продолжительность синтеза изделий этим способом и возможность точного контроля и управления параметрами спекания позволяет получать высококачественные, конкурентоспособные изделия с комплексом высоких оптических и физико-механических свойств. Спекание проводилось в вакууме ( $10^{-3}$  Па), в диапазоне температур от  $1300^{\circ}C$  до  $1500^{\circ}C$  с постоянной скоростью нагрева -  $50^{\circ}C/мин$ . Скорость выдержки при максимальной температуре для всех образцов была постоянной – 10 минут. Давление прессования варьировалось от 60 до 83 МПа. Оптически прозрачная керамика была изготовлена из коммерческого нанопорошка алюмомагниева шпинели производства компании Baikalex (Франция).

Таблица 1 - Параметров спекания

	№ образца	Параметры SPS спекания				Параметры спекания		
		Давление прессования		Время нагрева	Время выдержки под давлением	Температура охлаждения	Температура спекания	Скорость нагрева
		P, кН	P, МПа	мин	мин	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C/мин$
Серия №1	1	24,6	78	18	10	1000	1300	50
	2	24,6	78	18	10	1000	1350	50
	3	24,6	78	20	10	1000	1400	50
	4	24,6	78	22	10	1000	1500	50
Серия №2	1	18,8	60	20	10	1000	1400	50
	2	22,6	72	20	10	1000	1400	50
	3	26,2	83	20	10	1000	1400	50

В результате спекания были получены 2 серии прозрачных керамических образцов высотой 2,4 – 2,5 мм, диаметром 20 мм, различающимися технологией синтеза (переменное давление и температура спекания). Дальнейшие исследования керамики проводили после её механической полировки. Плотность была рассчитана путем измерения массы и линейных размеров. Основные характеристики исследуемых образцов и параметров спекания приведены в таблицах 1, 2.

Для всех образцов были измерены спектры пропускания с использованием спектрофотометров СФ-256УВИ, СФ-256БИК. Полученные спектры представлены на рис. 1.

Таблица 2 - Характеристики спеченной керамики

	№ образца	Масса	Высота	диаметр	Абсолютная плотность	Относительная плотность
		г	Мм	мм	г·см <sup>-3</sup>	%
Серия №1	1	2,676	2,414	20,06	3,51	97,97%
	2	1,557	2,414	20,07	3,51	98,01%
	3	2,82	2,535	20,08	3,51	98,12%
	4	2,781	2,502	20,09	3,51	97,94%
Серия №2	1	2,718	2,408	20,19	3,53	98,48%
	2	2,724	2,425	20,11	3,54	98,79%
	3	2,801	2,475	20,22	3,52	98,45%

Из рисунка 1а видно, что для серии 1 с изменением температуры синтеза наблюдается уменьшение коэффициента пропускания до 10% (1500°C), при T=1300°C значение пропускания составляет 30%. Увеличение давления прессования (p=83 МПа) при постоянной температуре (T=1400°C) приводит к снижению значения пропускания до 10% (Рис.1 б).

Возможной причиной ухудшения оптических свойств образцов алюмомагниевои шпинели может быть обусловлено ростом зерен и появлением остаточных пор в образцах [1, 3].

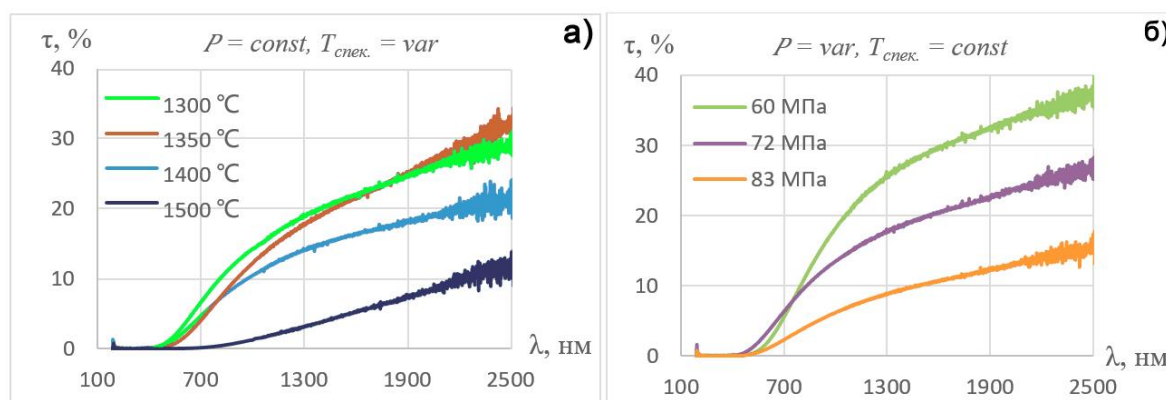


Рис. 1 Спектры пропускания керамики на основе алюмомагниевои шпинели ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ): а) серия №1; б) серия №2

Таким образом, в работе получены образцы алюмомагниевои шпинели, методом спарк-плазменного спекания. Показано, что варьируя параметры синтеза можно направленно изменять оптические свойства поликристаллической керамики.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (17-13-01233)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fu P., Lu W., Lei W. and etc. Transparent polycrystalline  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  ceramic fabricated by spark plasma sintering: Microwave dielectric and optical properties.// *Ceramics International*.– 2013.– v. 39.– p.2481–2487.
2. W. Cao and Z. Zhe / Transparent  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  ceramic produced by spark plasma sintering.// *Scripta Materialia*.– 2009.– v.61– p. 193–196.
3. Ping Fu. Optical and Microwave Dielectric Properties of Zn-Doped  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  Transparent Ceramics Fabricated by Spark Plasma Sintering.// *Int. J. Appl. Ceram. Technol*.– 2015.– v.12.– p.116–123.
4. Frage N., Cohen S., Meir S., Kalabukhov S., Dariel M.P., Mater J.. Spark plasma sintering (SPS) of transparent magnesium-aluminate spinel.// *Journal of Materials Science*.–2007.– v.42.– p. 3273–3275
5. Morita K., Kim B.-N., Hiraga K., Yoshida H. Fabrication of transparent  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  spinel polycrystal by spark plasma sintering processing.// *Scripta Materialia*.– 2008.– v. 58.– p. 1114-1117